

祁连山部分地区豆科植物根瘤菌资源调查

徐琳^{1,2}, 刘贤德³, 张勇², 张芬琴², 韦革宏¹

(1. 西北农林科技大学生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 河西学院生物系, 甘肃 张掖 734000;

3. 甘肃水源涵养林研究院, 甘肃 张掖 734000)

摘 要: 对祁连山部分地区豆科植物根瘤菌资源进行了调查, 从9属32种野生豆科植物根部采集到根瘤样品427份。调查结果显示: 调查区豆科植物资源种类丰富, 所采集根瘤形状多为棒状、掌状及不规则状, 颜色以粉色和黄色为主, 着生部位主要为侧根; 影响该区豆科植物结瘤的因素除与寄主植物生育阶段及遗传特性有关外, 还与地形、土壤、气候、生物及人为因子等多种生态因素密切相关, 其中地形及土壤是影响结瘤的关键因子。

关键词: 豆科植物; 根瘤菌资源; 祁连山; 生态因素

中图分类号: Q948.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)04-0236-06

祁连山脉位于中国青海省东北部与甘肃省西部边境, 由多条西北-东南走向的平行山脉和宽谷组成。西以当金山口与阿尔金山相连, 东止于景泰-永登-红古-积石山县一线, 与黄土高原接壤, 北侧以悬殊的相对高度俯临河西走廊, 南邻柴达木盆地、茶卡-共和盆地和黄河谷地。作为青藏高原、内蒙古高原和黄土高原的过渡区, 对比强烈的气候特征造就了植被地带的特殊分布: 从低海拔到高海拔依次分布荒漠草原、干性灌木草原、山地森林、亚高山灌丛草甸、高山寒漠草甸, 其中高寒草甸、山地森林和干草原是分布面积最广并且最为典型的生态系统类型。区内植物物种丰富, 高等植物种占全国总量的3.9%^[1], 其中豆科植物占到了近5.2%^[2]。祁连山豆科植物是祁连山植物物种资源宝库和祁连山复合生态系统的重要组成部分, 在祁连山生态保护及水源涵养中发挥了巨大效益, 对这些地区植被及植物物种已有相关的研究报道^[3-6], 但对该区微生物物种的研究很少, 仅有少量对高寒草甸的微生物量及可培养真菌的初步分类及多样性研究^[7-10], 但对细菌尤其是根瘤菌的多样性及量化研究却未见报道。资料显示, 在我国仅对不足16%的豆科植物物种进行过结瘤资源的调查^[11-12], 研究过共生关系的更少。为此, 在2010年7月中旬~8月初, 我们对祁连山部分地区豆科植物共生固氮资源进行了调查和研究, 以期为本地区豆科植物资源及根瘤菌的开发利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

(1) 祁连山国家级自然保护区东大河保护站(101°24'~102°10'E, 38°01'~38°10'N): 永昌县境内, 地形为祁连山山地, 地势呈南高北低, 海拔为2400~3900 m, 坡度20°~40°。气候为典型大陆性高寒半湿润气候, 年平均气温1.9℃, 年降水量385.2 mm, 年蒸发量1258.3 mm, 植物生长期约135~150 d。林区内土壤及植被垂直分布明显, 土壤自上而下依次为高山寒漠土、高山沼泽土、亚高山草甸土、山地黑钙土和栗钙土、山地灰钙土和山地栗钙土。

(2) 祁连山国家级自然保护区西水保护站(93°30'~103°01'E, 36°30'~39°30'N): 张掖市境内, 高山地带坡度在40°左右, 丘陵地带坡度多在20°~30°之间, 属祁连山的浅山区。位于祁连山北坡中部, 属于大陆性高寒半干旱、半湿润森林草原气候。年均气温约0.5℃, 年降水量约435.5 mm。主要植被类型包括荒漠草原、干草原、山地森林、灌丛和高寒草甸, 主要土壤类型包括灰色森林土、山地栗钙土和高山草甸土。

1.2 根瘤菌的采集

对上述两个采样点不同海拔生境中多个样地采样, 在调查区域内选定植株, 挖出根, 挑选新鲜、个大并饱满的根瘤, 置于装有变色硅胶的离心管中(根瘤较大的保藏于装有变色硅胶的青霉素瓶中), 密封,

收稿日期: 2012-01-03

基金项目: 国家自然科学基金(30670372); 国家自然科学基金重点支持项目(91025002-D010106)

作者简介: 徐琳(1978—), 女, 甘肃庆阳人, 讲师, 在读研究生, 主要从事微生物资源研究。E-mail: xulinsjfmubi@yahoo.com.cn。

通讯作者: 韦革宏(1969—), 男, 教授, 博导, 主要从事根瘤菌资源研究。E-mail: weigehong@yahoo.com.cn。

带回实验室进行分离。并对根瘤照相、编号,记录其结瘤状况(形状、大小、颜色、结瘤部位及植物属名、种名、生长阶段、株高、伴生植物等)及生境(采样地点、地形、纬度、经度、海拔等)。

1.3 根瘤菌的分离与纯化

干燥的根瘤菌带回实验室,在无菌水中浸泡至吸胀为止,经75%的乙醇3~5 min和0.1%升汞1~3 min进行表面消毒,无菌水冲洗5~6次,在无菌条件下将根瘤压碎,挤出汁液,接种于YMA培养基上,置于28℃下进行培养。采用稀释平板划线法,挑取单菌落,进行革兰氏染色,镜检斜管保藏两份,备用。若不纯,继续进行YMA平板划线,直至纯化为止。

2 结果与分析

2.1 豆科植物根瘤菌资源的调查情况

本次调查采集根瘤样品共427份,包括豆科植物9属32种。采集到的豆科植物以锦鸡儿属、棘豆属、黄芪属、野豌豆属和苜蓿属居多,其中锦鸡儿属有昆仑锦鸡儿、柠条锦鸡儿、箭叶锦鸡儿和甘肃锦鸡儿4个种;棘豆属有镰荚棘豆、密花棘豆、黄花棘豆、黑萼棘豆、甘肃棘豆和小花棘豆6个种;黄芪属有金翼黄芪、光东俄洛黄芪、多枝黄芪、马衔山黄芪、黑紫花黄芪、斜茎黄芪等11个种;苜蓿属有4个种,野豌豆属和黄华属有2个种,胡枝子属、岩黄芪属和米口袋属均只有1个种。在这些豆科植物中,除柠条锦鸡儿、甘肃棘豆和天蓝苜蓿为无效根瘤外,其它植物都能结瘤。

2.2 结瘤豆科植物的根瘤特征

在所采集到的豆科植物中,绝大部分根瘤着生在侧根上,根瘤形状多态性明显,以棒状和掌状居多,少数为Y形、V形、珊瑚状及不规则形;根瘤大小集中在1~3 mm左右,但个别的根瘤形体较大,可达3 mm×7 mm以上;根瘤颜色多呈黄色、黄褐色及浅粉色,少数为褐色或黑色。在祁连山南麓阳坡,除甘肃棘豆、柠条锦鸡儿、甘肃锦鸡儿和天蓝苜蓿没采集到根瘤外,其它豆科植物均采集到了根瘤,但根瘤几乎全是无效根瘤,颜色比较深,多为褐色,根瘤数量少。在祁连山南麓阴坡的豆科植物都采集到了有效根瘤,根瘤颜色较浅,多为粉红色和黄色,而且根瘤个大,饱满,数量多。一般认为,由于豆血红蛋白的存在使根瘤呈粉红色,皮层较厚的根瘤呈现黄色,具有固氮酶活性,从而为有效瘤。而处于固氮后期

的根瘤通常颜色会逐渐变深,呈现褐色或黑色,属于无效瘤。

2.3 主要生态因素对祁连山豆科植物结瘤的影响

2.3.1 地形因素 调查结果显示,祁连山豆科植物的分布受海拔和坡向的影响明显。在祁连山南麓(西水自然保护区)阴坡海拔3 000~3 800 m间,豆科植物主要分布类群为鬼箭锦鸡儿、甘肃黄芪,少量分布着肾形子黄芪、西北黄芪和单蕊黄芪。在海拔2 000~3 000 m的草坡上,豆科植物优势类群为甘肃棘豆,并伴生零星分布的斜茎黄芪和达乌里胡枝子。在南麓阳坡海拔2 800~3 000 m时,豆科植物的主要分布类群为柠条锦鸡儿,在海拔2 639~2 789 m的草坡上,豆科植物优势类群为黄花棘豆、密花棘豆及小花棘豆和矩镰荚苜蓿、紫苜蓿。在祁连山北麓(东大河自然保护区)海拔3 000 m以上豆科植物的优势类群为黄芪属植物,在海拔3 000 m以下则为黄花棘豆、小花棘豆和野豌豆属植物。海拔条带性分布导致的植物条带性分布使得与其共生的根瘤有显著多样性。从表1可以看出,祁连山豆科植物的结瘤情况在不同属、同属不同种植物之间存在差异,如生长在祁连山南麓阴坡肾形子黄芪、西北黄芪和单蕊黄芪根瘤大部分为棒状,颜色较浅,多数为粉色,主要着生在侧根;阳坡的优势种野苜蓿和紫花苜蓿的根瘤几乎全部是褐色,而且根瘤全结在侧根上,而在南麓阳坡和阴坡分布着大量的锦鸡儿属植物,但位于阴坡海拔3 000 m以上的优势种箭叶锦鸡儿和阳坡2 450 m以上的优势种柠条锦鸡儿的结瘤情况不同,在阴坡采集的箭叶锦鸡儿根瘤颜色较浅且数量多、形体大,往往在一个侧根下采集到数十个根瘤,而在阳坡的柠条锦鸡儿却未采到根瘤。

之前研究^[13-16]表明,根瘤固氮是一个耗能过程,需要光合作用产物供给能量,因而光合作用与固氮作用紧密相关,但我们的调查结果显示,在阳坡采集到的根瘤数目极少,即使有也多数为无效根瘤,颜色深或为空壳,而在阴坡采集到的所有根瘤几乎全为有效根瘤,且随着阴坡海拔的上升,温度越低,根瘤数目越多,采集到的样品形体越大,甚至可以达到5 mm以上,颜色呈现明显的粉红色,这一点与其他研究结果相悖,原因可能与阳面采样区年太阳总辐射量高、日照时数长^[17],且无大型乔木覆盖、蒸腾作用强有关。

表 1 祁连山部分山系豆科植物结瘤情况

Table 1 Investigation of rhizobium of legumes in partial regions of Qilian Mountains

植物 属名 Genera	植物种名 Species	生育期 Growth period	土壤类型 Type of soil	海拔 Elevation (m)	根瘤特征 Characteristics of nodules					着生 部位 Position
					形状 Shape	颜色 Color	大小 Size (mm)	单株结瘤率 Nodulation rate (个/株)	单株结 瘤量 Nodulation (mg/株)	
黄华属 <i>Thermopsis</i>	披针叶黄华 <i>T. lanceolata</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	1900 ~ 2300 山坡、草地 Mountain slope and meadow	棒状 Claviform	粉红色 Pink	2	8.4	9.33	侧根 Lateral root
	高山黄华 <i>T. alpina Ledeb</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	2000 ~ 2300 山坡、草地 Mountain slope and meadow	棒状 Claviform	黄色 Yellow	1 ~ 2	11.5	9.67	侧根 Lateral root
苜蓿属 <i>Medicago</i>	紫花苜蓿 <i>M. sativa</i>	花期 Blossom period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	1500 ~ 2300 草坡阳坡 Mountain slope	棒状 Claviform	黄色 Yellow	1 ~ 2	5.3	6.70	侧根 Lateral root
	矩瓣英苜蓿 <i>M. archiducianic olai</i>	花期 Blossom period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	2600 ~ 3900 草坡阳坡 Mountain slope	棒状 Claviform	褐色 Brown	1 ~ 2	3.5	5.19	侧根 Lateral root
	野苜蓿 <i>M. falcata</i>	花期 Blossom period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	2500 ~ 2900 草坡阳坡 Mountain slope	棒状、掌状 Claviform, palmated	褐色 Brown	1 ~ 3	2	3.17	侧根 Lateral root
	天蓝苜蓿 <i>M. lupulina</i>	花期 Blossom period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	2500 ~ 2900 草坡阳坡 Mountain slope	棒状、掌状 Claviform, palmated	褐色 Brown	0	0	0	无 No
锦鸡儿属 <i>Caragana</i>	昆仑锦鸡儿 <i>C. polourensis</i>	果期 Fruit period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	2500 ~ 3000 山坡灌丛 Shrubbery	棒状、掌状 Claviform, palmated	褐色 Brown	2 ~ 4	3.5	7.71	侧根 Lateral root
	甘肃锦鸡儿 <i>C. gansuensis</i>	花期 Blossom	山地淡栗钙土 Mountain light chestnut soil	2500 ~ 3300 山坡灌丛 Shrubbery	棒状 Claviform	褐色 Brown	2 ~ 3	3.5	6.26	侧根 Lateral root
	鬼箭锦鸡儿 <i>C. jubata</i>	花期 Blossom period	山地草甸草原土 Mountain meadow steppe soil	3000 ~ 3800 山坡灌丛 Shrubbery	棒状、珊瑚状 Claviform, coralliform	粉红色 Pink	2 ~ 5	18.6	40.57	侧根 Lateral root
	柠条锦鸡儿 <i>C. korshinskii</i>	花期 Blossom period	山地淡栗钙土 Mountain light chestnut soil	2450 ~ 3300 山坡阳坡 Mountain slope	棒状 Claviform	无 No	0	0	0	无 No
米口袋属 <i>Gueldeniaed tia</i>	异叶米口袋 <i>G. diversifolia</i>	花期 Blossom period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	> 2000 草坡 Grassy slope	棒状 Claviform	粉红色 Pink	1 ~ 3	5.5	7.11	侧根 Lateral root
黄芪属 <i>Astragalus</i>	金翼黄芪 <i>A. chrysopterus</i>	花期、果期 Blossom and fruit perio	山地碳酸盐褐土 Mountain carbonate drab soil	> 2860 草坡 Grassy slope	棒状、珊瑚状 Claviform, coralliform	粉红色、 黄色 Pink, yellow	1 ~ 3	3	11.58	侧根 Lateral root
	光东俄洛黄芪 <i>A. tongolensis</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地碳酸盐褐土 Mountain carbonate drab soil	2500 草坡 Grassy slope	棒状、Y 状 Claviform, Y	粉红色 Pink	1	1	7.31	侧根 Lateral root
	单蕊黄芪 <i>A. monadelphus</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地碳酸盐褐土 Mountain carbonate drab soil	3000 ~ 4000 草坡灌丛 Grassy slope and shrubbery	棒状、 珊瑚状 Claviform, coralliform	粉色 White	1 ~ 5	7.5	21.67	主根、 须根 Main root, fibre
	黑紫花黄芪 <i>A. przewalskii</i>	花期 Blossom period	山地碳酸盐褐土 Mountain carbonate drab soil	3000 草坡 Grassy slope	棒状 Claviform	粉红色、 褐色 Pink, brown	2	5	11.05	侧根 Lateral root
	西北黄芪 <i>A. fenzelianus</i>	花期 Blossom period	山地碳酸盐褐土 Mountain carbonate drab soil	3000 ~ 4100 高山草甸 Alpine meadow	棒状 Stick	粉色 Pink	1 ~ 5	11.4	21.33	侧根 Lateral root

表 1 续

植物 属名 Genera	植物种名 Species	生育期 Growth period	土壤类型 Type of soil	海拔 Elevation (m)	根瘤特征 Characteristics of nodules					着生 部位 Position
					形状 Shape	颜色 Color	大小 Siz (mm)	单株结瘤率 Nodulation rate (个/株)	单株结 瘤量 Nodulation (mg/株)	
	肾形子黄芪 <i>A. skythropos</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地碳酸盐褐土 Mountain carbonade drab soil	3200 ~ 3800 高山草甸 Alpine meadow	棒状 Claviform	粉红色 Pink	1 ~ 4	8.8	13.02	侧根 Lateral root
	甘肃黄芪 <i>A. licenianus</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地草甸草原土 Mountain meadow steppe soil	3000 ~ 4100 高山沼泽草地 Alt wetland	棒状、掌状 Claviform, palmated	粉色 Pink	1 ~ 2	15.6	22.11	侧根 Lateral root
	马衔山黄芪 <i>A. mahoschanicus</i>	花期 Blossom period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	1800 ~ 4100 米山顶或沟边 Peak or limes marginis	棒状、 掌状 Claviform, palmated	褐色 Brown	3	11.5	15.49	侧根、 须根 Lateral root, fibre
	毛细柄黄芪 <i>A. melilotoides</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地碳酸盐褐土 Mountain carbonade drab soil	< 2500 山坡林缘 Mountain slope	棒状 Claviform	粉红色 Pink	2 ~ 5	4.5	8.66	侧根 Lateral root
	多枝黄芪 <i>A. polycladus</i>	果期 Fruit period	山地碳酸盐褐土 Mountain carbonade drab soil	2000 ~ 3300 山坡 Mountain slope	棒状、珊瑚状 Claviform, coralliform	黄色 Yellow	0.5	7.1	8.97	侧根 Lateral root
	斜茎黄芪 <i>A. adsurgens</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地碳酸盐褐土 Mountain carbonade drab soil	< 2800 的山坡草地 Mountain slope and meadow	棒状、 掌状 Claviform, palmated	粉红色 Pink	1	6.6	10.14	侧根 Lateral root
棘豆属 <i>Oxytropis</i>	瓣荚棘豆 <i>Oxytropis falcata</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地草甸草原土 Mountain meadow steppe soil	3100 ~ 3400 草坡 Grassy slope	棒状、珊瑚状 Claviform, coralliform	粉色 Pink	1 ~ 3	5	6.67	侧根 Lateral root
	密花棘豆 <i>O. imbricata</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地淡栗钙土 Mountain light chestnut soil	2690 ~ 3000 阳坡 Adretto	棒状、珊瑚状 Claviform, coralliform	粉红色、 黄色 Pink, yellow	1 ~ 3	7.6	6.11	侧根 Lateral root
	黑萼棘豆 <i>O. melanocalyx</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地淡栗钙土 Mountain light chestnut soil	2600 ~ 2960 山坡草地 Grassy slope	棒状 Claviform	粉红色 Pink	1 ~ 3	3.5	6.47	侧根 Lateral root
	小花棘豆 <i>O. glabra</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地淡栗钙土 Mountain light chestnut soil	1400 ~ 2350 沟底阳坡 Adretto	棒状 Claviform	粉红色 Pink	1 ~ 2.5	8	6.64	侧根 Lateral root
	黄花棘豆 <i>O. ochrocephala</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地淡栗钙土 Mountain light chestnut soil	2600 ~ 3120 阳坡 Adretto	棒状、珊瑚状 Claviform, coralliform	黄色、粉色 Yellow, pink	1 ~ 4	14	7.05	侧根 Lateral root
	甘肃棘豆 <i>O. kansuensis</i>	花期 Blossom	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	2300 ~ 2600 阳坡 Adretto	无 No	无 No	0	0	0	无 No
岩黄芪属 <i>Hedysarum</i>	块茎岩黄芪 <i>H. tuberosum</i>	营养期 Vegetative period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	2500 草坡 Grassy slope	棒状 Claviform	浅褐色 Sandy beige	2	4	7.71	侧根 Lateral root
胡枝子属 <i>Lespedeza</i>	达乌里胡枝子 <i>L. davurica</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	2020 草坡 Grassy slope	棒状 Claviform	黄色 Yellow	1	10.2	7.58	侧根 Lateral root
野豌豆属 <i>Vicia</i>	窄叶野豌豆 <i>V. angustifolia</i>	花期、果期 Blossom and fruit period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	1440 ~ 2320 阳坡 Adretto	棒状、掌状 Claviform, palmated	黄色 Yellow	1	6	5.53	侧根 Lateral root
	广布野豌豆 <i>V. cracca</i>	营养期 Vegetative period	山地棕钙土 Mountain brown calcium soil	< 2800 草坡、田边 Grassy slope edge of a field	棒状 Claviform	浅褐色 Sandy beige	1 ~ 3	6	4.14	侧根 Lateral root

2.3.2 土壤因素 研究区土壤的分布具有明显的垂直地带性,山地棕钙土区主要生长甘肃棘豆、小花

棘豆、胡枝子属及野豌豆属、黄华属、苜蓿属及黄芪属的少量种类。由于成土母质为次生黄土或坡积砾

石壤土,因此腐殖质含量少、土壤肥力低,所采集到的根瘤多数颜色较深;山地淡栗钙土分布区内,成土母质为黄土或次生黄土,土层结持力紧,腐殖质含量低,无明显钙积层,土壤肥力较低,主要生长有甘肃锦鸡儿及柠条锦鸡儿,其中柠条锦鸡儿没有采集到根瘤,甘肃锦鸡儿根瘤数目较少,且颜色呈褐色,说明根瘤固氮效率不高;山地草甸草原土分布于山地顶部或平缓的阴坡上,成土母质为含有丰富的腐殖质的黄土或次生黄土,土壤呈现黑色或黑褐色,具碳酸盐反应,在 100~150 cm 有明显的钙积层,土壤肥沃,湿度大,主要生长有鬼箭锦鸡儿、锦葵棘豆、甘肃黄芪等。所采集到的根瘤数量多,且颜色主要呈现粉色;山地碳酸盐褐土是祁连山森林土壤的主要类型,植被主要为鬼箭锦鸡儿,所采集到的根瘤全为有效根瘤,且相比山地草甸草原土中分布的根瘤有个大、量多、色粉的特点。此外,研究表明,根毛外部一定浓度的钙是根毛变形所必需的,外部高浓度的钙可以引起类似于结瘤因子诱导的根毛变形^[18],采样区阳面山坡的土壤类型为山地棕钙土和山地淡栗钙土,钙素含量明显低于阴面的山地草甸草原土。这可能是在阳面山坡没有采集到有效根瘤的又一原因。

除土壤类型外,土壤含水量是植物和微生物生长发育的关键限制因子,在土壤含水量较高的地方,植物长势较好,植物种类多,豆科植物根瘤发育较好。据常宗强等^[19-21]的研究结果表明,研究区内年降雨量与海拔呈正相关,即海拔越高,雨量越充足,我们的调查结果与此相吻合。如生长在阴坡的鬼箭锦鸡儿和甘肃棘豆,随着海拔的升高,与两种植物共生的根瘤均显现出根瘤个体由小到大、数量由少到多、颜色由深至浅的规律,而在相对湿度较低、降雨量较少而蒸发量较大的阳坡,由于大型乔木覆盖率低,对于水分的涵养相对降低而导致土壤含水量下降,所采集到的根瘤极少,如阳坡的野苜蓿根瘤多为不规则形,数量少,颜色深,以褐色为主,多为无效根瘤。而生长在阳坡的柠条锦鸡儿灌木丛,虽进行了深入挖掘,仍未见根瘤,可见土壤含水量是豆科植物结瘤的限制性因子。

2.4 生物因素

许多研究表明^[13-14,22],植物的生长发育阶段影响到根瘤的特征。调查结果显示,结瘤豆科植物在不同生长时期,其根瘤表型不同。营养生长期到开花期的根瘤颜色呈粉红或淡粉色或黄色、个体饱满、固氮活性高;营养生长前期,根瘤形成过程几乎没有固氮能力,种子成熟后期,根瘤颜色逐渐变深至黑,

最后脱落,导致土壤根瘤菌也无固氮能力。在多年生灌木、草本豆科植物中,生长一年以上的根,没有结瘤,可能是由于根表皮老化,甚至有些木质化,颜色呈深褐色,根毛稀少,根瘤菌难以侵染造成的,只有当年新生根上才形成根瘤。

3 讨论

1) 位于我国西北干旱、半干旱荒漠生态系统的祁连山区是一个以森林、草原为主体,较为湿润的复合生态系统,区内动植物资源丰富,在众多的植物类群中有相当一部分具有抗旱耐瘠、蓄水固沙且具有药用价值的豆科植物,特殊的生境使得与其内分布的豆科植物共生的根瘤菌经过长期的双重选择,逐渐进化成为适应这种生态环境的独特生物固氮体系。调查结果显示,在祁连山部分地区分布的豆科植物有 9 属 32 个种,其形状多为棒状及珊瑚状或掌状,色泽多为粉、黄色,其中黄芪属中的金翼黄芪和光东俄洛黄芪是新纪录的结瘤种。

2) 影响祁连山豆科植物结瘤的因素有很多,除了与寄主植物的遗传特性有关外,还与地形、土壤、气候、生物及人为活动等生态因素密切相关。这些影响因子,相互制约,共同作用,使得该区根瘤菌具有明显的区别于其他西北地区的特性。因此对影响根瘤形成的因素及其综合评价还需要更进一步的研究。此外,影响结瘤的因素还应考虑到采样时间的差异及采样的范围等,因此对该区豆科植物结瘤的状况调查及影响机制有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 刘建泉.祁连山保护区种子植物属的区系研究[J].干旱区资源与环境,2005,19(7):221-228.
- [2] 王金叶,车克钧,阎文德.祁连山(北坡)生物多样性分析[J].甘肃林业科技,1996,2:22-27.
- [3] 赵成章,石福习,董小刚,等.祁连山北坡退化林地植被群落的自然恢复过程及土壤特征变化[J].生态学报,2011,31(1):115-122.
- [4] 张 芬,勾晓华,苏军德,等.祁连山东部不同树龄油松径向生长对气候的响应[J].冰川冻土,2011,33(3):634-638.
- [5] 彭守璋,赵传燕,郑祥霖,等.祁连山青海云杉林生物量和碳储量空间分布特征[J].应用生态学报,2011,22(7):1689-1694.
- [6] 赵传燕,别 强,彭晓华.祁连山北坡青海云杉林生境特征分析[J].地理学报,2010,65(1):113-121.
- [7] 韩玉竹,陈秀蓉,王国荣,等.东祁连山高寒草地土壤微生物分布特征初探[J].草业科学,2007,24(4):14-17.
- [8] 丁玲玲,祁 彪,尚占环,等.东祁连山不同高寒草地型土壤微生物数量分布特征研究[J].农业环境科学学报,2007,26(6):2104-2111.
- [9] 张俊忠,陈秀蓉,杨成德.东祁连山高寒草地土壤 5 种嫌孢菌的

- 形态鉴定和 ITS rDNA 分析[J].草原与草坪,2010,30(2):33-36.
- [10] 张俊忠,陈秀蓉,杨成德.东祁连山高寒草地土壤可培养真菌多样性分析[J].草业学报,2010,19(2):124-132.
- [11] 陈文峰,陈文新.我国豆科植物根瘤菌资源多样性及应用基础研究[J].生物学报,2003,38(7):1-4.
- [12] 杨文权,郭军康,冯春生,等.宁夏豆科植物根瘤菌资源调查及其生态分布[J].干旱地区农业研究,2007,25(5):176.
- [13] 陈卫民,张执欣,张宏昌,等.甘肃中西部豆科植物根瘤菌多样性调查研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(1):183-186.
- [14] 韦革宏,龚明福,吕双庆,等.中国帕米尔高原根瘤菌-豆科植物共生资源调查[J].西北植物学报,2005,25(8):1618-1622.
- [15] 赵龙飞,邓振山,杨文权,等.我国西北部分地区豆科植物根瘤菌资源调查研究[J].干旱地区农业研究,2009,27(6):34-39.
- [16] 张琴,张磊,魏世清,等.钙离子对紫花苜蓿及苜蓿根瘤菌耐酸能力的影响[J].应用生态学报,2007,18(6):1231-1236.
- [17] 侯迎,王乃昂,张学敏,等.基于树轮资料重建祁连山东段冷龙岭 1848 年以来的干湿变化[J].山地学报,2011,29(1):12-18.
- [18] 陈华舜,樊庆笙.中国共生固氮研究五十年[M].南京:南京农业大学出版社,1987.
- [19] 常宗强,王金叶,常学向,等.祁连山林区土壤水分与降水的关系分析[J].西北林学院学报,2001,16(5):22-25.
- [20] 王清忠.祁连山(中段)森林景观空间结构及其质量变化特征的研究[D].甘肃:甘肃农业大学,2007.
- [21] 薛晓娟,李英年,张法伟,等.祁连山冷龙岭南麓垂直带植被移地试验中鹅绒委陵菜克隆生长特征[J].西北植物学报,2009,29(10):2070-2075.
- [22] 王卫卫,胡正海.几种生态因素对西北干旱地区豆科植物结瘤固氮的影响[J].西北植物学报,2003,23(7):1163-1168.

Investigation of rhizobium resources of leguminous plants in partial regions of Qilian Mountains

XU Lin^{1,2}, LIU Xian-de³, ZHANG Yong², ZHANG Fen-qing², WEI Ge-hong¹

(1. College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100, China;

2. Department of Biology, Hexi College, Zhangye, Gansu 734000, China;

3. Institute of Water Resource Conversation Forest in Qilian Mountains, Zhangye Gansu, 734000, China)

Abstract: An investigation was made on the nodule and nitrogen fixation resources of wild leguminous plants in partial regions of Qilian Mountains, in order to provide valuable germplasm resources of rhizobial for agricultural production and ecological environment construction. Totally 427 nodule samples belonged to 9 genera and 32 species were collected. The results showed: (1) The most nodules were yellow or brown, spherical or claviform and coralliform, distributed on lateral root or fibre. (2) The ecological factors especially the landform, the humidity and fertility of soil were important factors that affected the nodulation.

Keywords: Qilian Mountains; leguminous plants; rhizobium resources; ecological factors

(上接第 199 页)

Evaluation of ecological security of land resources in arid areas of Northwest China

—A case study of Gulang County in Gansu Province

YANG Qian-qian, CHEN Ying, JIN Sheng-xia, ZHAO Jia-qi

(College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Based on research achievement on ecological security of land resources, choosing Gulang County in Gansu Province as research region, combining optimized PSR frame and land use structure in arid area in Northwest China, the index system of evaluation on ecological security of land resources in Gulang County was established. Ecological security indexes of land resources were calculated by entropy method and colligate grade, and dynamic diversification of ecological security of land resources in different period of time was studied. The results indicate that the ecological security of land resources has been improved since 1995, but is still in an alarm state.

Keywords: ecological security of land resources; optimized PSR frame; entropy method; Gulang County